

## ウルトラリニア接続の再考



# 6V6UL(ムラード)-PP 竹森幹郎 ステレオ・パワー・アンプの製作

前回の6L6UL-PPで予想を上回る出力を得ることが出来ましたので、同じ回路の6V6UL-PPはどうなるかを実験し、それぞれの性格を対比してみたいと思います。

### 6V6UL-PPの実験

第1図は試作機の回路図です。前回と異なるところは、

#### 1. OPTの交換

4月号の6V6UL-PPで採用したOPTのインピーダンスは8k $\Omega$ でしたが、UL接続の最適1つぎインピーダンスは10k $\Omega$ といわれています。そこで、負荷抵抗を10 $\Omega$ の抵抗器に置き換え実験したところ(見かけ上の1次インピーダンスが10k $\Omega$ になる)クリッピング・レベルが上昇していた経験から、今回は幸い手持ちにH-15-10がありそれと交換しました。

#### 2. PTのB電源タップの変更

6V6の必要プレート電圧が6L6より低いので、タップ位置を380Vから280Vタップに切替えました。

#### 3. 出力管カソード回路の変更

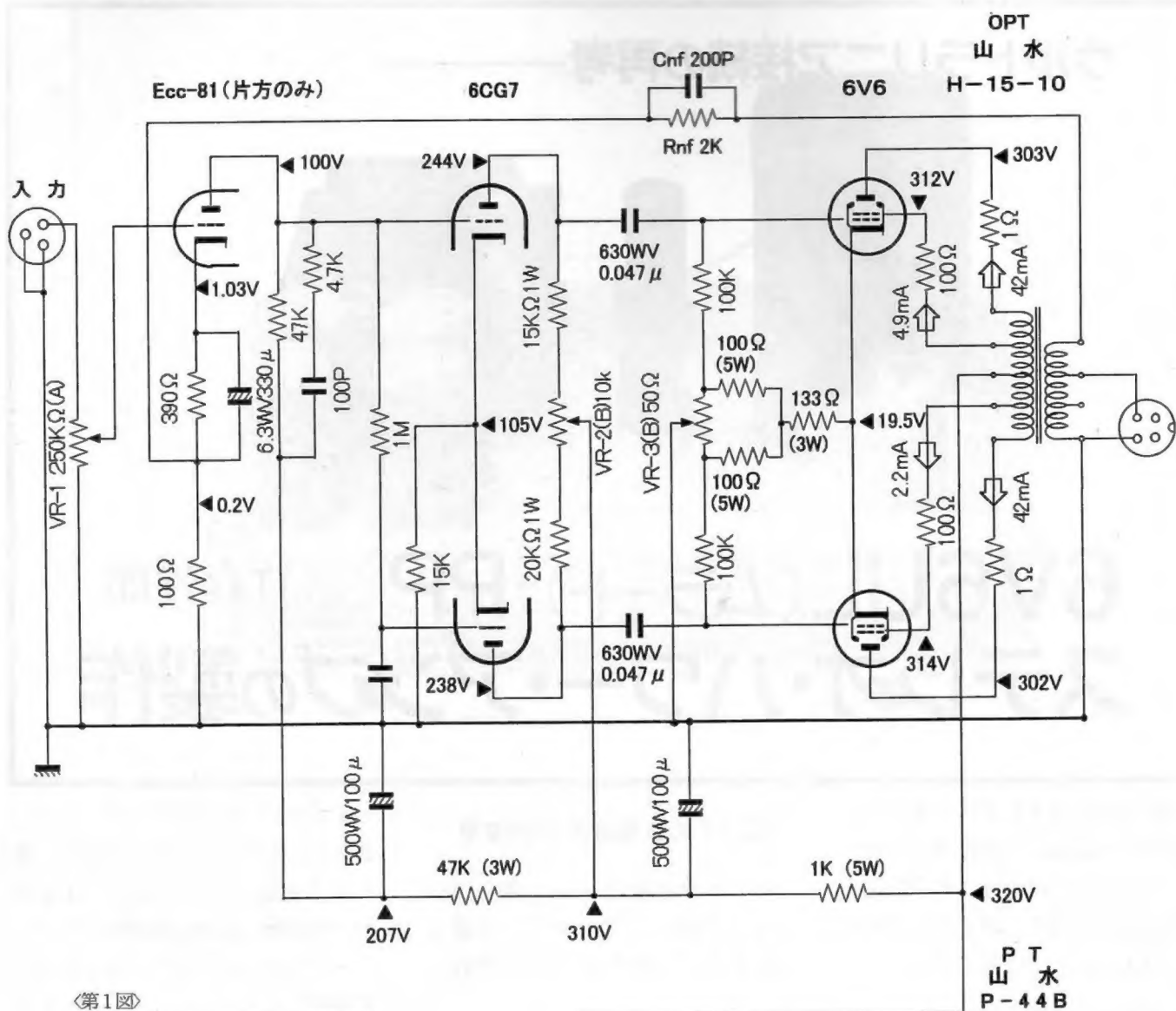
4月号の6V6ULPPではMLFを採用した関係でカソード・バイアス抵抗の値を少しぐらいい変更しても結果に影響しませんでした。今回は真空管マニュアルの定格表通り170 $\Omega$ にしたところひずみが激減したのです。しかし、この状態では定格を少々超えますので190 $\Omega$ に決定しました。つぎに前回の実験でカソード・パスコンを取り外した理由は、テスト中15Wを超えたあたりで局部発振に悩まされ、負帰還回路の微分補正を取り去ればこの現象は収まりますが、そうすると今度は、10kHzの方形波特性が悪化

しますので、仕方なくカソード・パスコンを取り外しテストを続け、そのまま完成ということにしましたが、その後、試みに出力管のカソード・パスコンを付けたり外したりして見たところ、クリッピング・レベルが19.5Wに上昇し、CL点寸前のひずみも1%を切っていることに気づきました。

今回の6V6UL-PPで試みにパスコンを付けてテストしたところ、異常なく動作し、負帰還回路に微分補正を施しても何の問題も生じないことが判りましたので、今回はパスコンを付けた状態で実験を進めました。

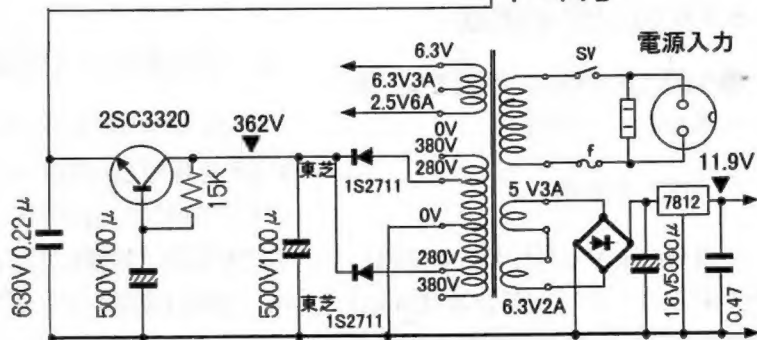
#### 4. カップリング・コンデンサの変更

6L6UL-PPの時は0.1 $\mu$ で低域特性に問題はありませんでしたが、今回の試作機ではOPTの変更によるものか、8Hz付近に多少の



〈第1図〉  
6V6-ULPP パワー・アンプ全回路図

※ 指定なき抵抗器は1/2型カーボン抵抗  
出力部のカソード抵抗の合成抵抗値は190Ω



ピークが見られたので  $0.047\mu$  に変更しました。

## 試作機の特性

### 1. 入力対出力特性

第2図に入力対出力の特性を示します。はじめ、カソード抵抗を  $210\Omega$  に設定したときは8W強でクリッ

プしましたが、その後、 $170\Omega$  にしたとき最もひずみが少なくなりましたが、いささか過定格になるため、カソード抵抗を  $190\Omega$  設定しB電圧も気持ち下げた値に設定しました。

CL点7.6Wで、出力を変化させプレート電流およびスクリーン・グリッド電流を測定したところ、ほとんど変化せずクリップ寸前までA

級PPとして動作していることがわかりました。CL点を超えると逆にプレート電流は下がります(グリッド電流の影響でカップリング・コンデンサの充放電によりグリッド電位がマイナスの方向に追いやられる)。

### 2. 振幅の周波数特性

第3図に振幅の周波数特性を示し

定バイアスを採用せねばならないのかも知れません。

## UL 接続についての考察

ここで少し、UL 接続の動作特性について考えてみたいと思います。

### UL 接続の動作特性

これについては、1960 年 11 月号に武末先生が発表された記事「PP シリーズ 6：多極管 ULPP 回路・6 BQ 5・AB<sub>1</sub> PP の研究」を読んでいたのが一番ですが、何分古い記事でもあり資料を手に入れることが困難だと思いますので、私なりにこの記事のを要約して述べてみたいと思います。

なお、ラジオ技術全書 011 A, 102 頁, 2・4・3 UL 接続および全書 012 A, 74 頁, 12・2・2 に 6 BQ 5 ULAB<sub>1</sub> PP アンプの項に詳しい解説がなされていますので全書をお持ちの方はご参照下さい。

前述の記事につぎのようなことが書かれています。

UL 接続について、断片的な報告は見受られますが、その動作特性の全容を説明できるような記述は見あたらない。そこで、先づ従来の考え方を紹介すると同時に、些か筆者の(武末先生)所論を述べて、それが設計法や実測特性とどう結びつくかを考えて見たいと思います。

#### 1. スクリーン帰還としての考え方

この考え方は古くから、NHK の斉藤彰英氏などによって提唱されたものである……

と数式混じりで書かれていますが、私の経験から数式混じりの論文を読む時、飛ばし読みすることが多く内容を把握することに手間がかかった経験から、数式の部分を第 6 図に

数式を抜粋したものを示します(数式についてお調べの方はご参照下さい)。

つまり、UL 接続の増幅度は標準 5 極管動作の増幅度より 3.5 dB 低下する。この時の F (負帰還量) の値は勿論出力管やその動作条件、とくに M(P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> 間と Sg<sub>1</sub>, Sg<sub>2</sub> 間の巻線比) の値によって変わってくるが M は通常 0.43 に選ばれるので、F は大概 3 dB 内外になるのが普通である。つまり UL 接続を NFB の面から見ると 3 dB のグリッド帰還に相当するという考え方が一応成立する。

ただここで注意を要することは、3 dB に相当した負帰還電圧が、直接グリッドに戻されるのと本質的に異なる。普通のグリッド帰還では、グリッド側にどれだけの電圧が帰還されても、それだけ入力電圧を増加さえすれば、5 極管固有の最大出力が得ることが出来る。

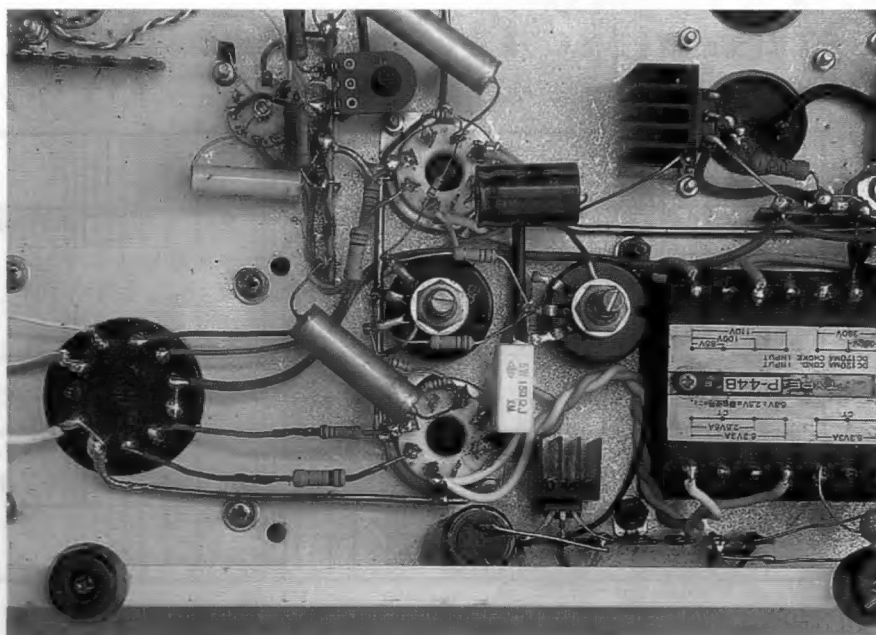
しかし、UL 接続ではグリッド電圧は帰還前と変わらないので、3 dB のスクリーン帰還がなされたということは、同一入力に対して、出力電圧が 3 dB ( $1/\sqrt{2}$ ) に下がることを意

味する。よって、5 結のとき最大出力を得る入力電圧では、UL の時の出力電圧は  $1/\sqrt{2}$ 、パワーにして  $1/2$  になり、もうそれ以上の入力では、グリッド側でクリップし、結局最大出力は 5 結の  $1/2$  ということになる。

この推論は、われわれの体験とは大いに違うようである。そこで以上の点を実験結果と、対照してみることとする。

そして 5 結時と UL 接続の入力対出力特性に示すごとく、出力 1 W のレベルで、UL 接続では増幅度が 3.5 dB 低くなり、前の推論がこの点では一致する。しかし、クリッピング・レベルの点では 5 結で、14.8 WUL 接続で、12.6 W となり出力低下は意外に少なく先の推論とははなはだ矛盾し、もしこの推論が正しいものであれば最大出力は 8 W とならねばならぬ筈である。

しかしここで反省を要することはもともと負帰還理論は回路網の理論であって、真空管の外部回路の性質を究明することには偉力はあっても、管内現象に起因するこの種の問題を説明することまで、この理論を



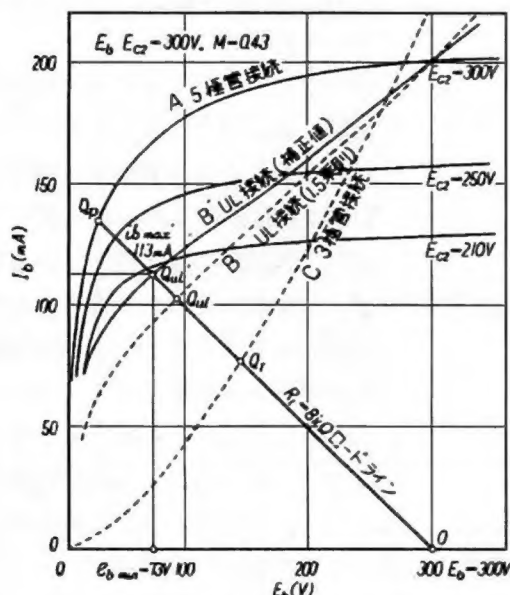
●シャーシ内部のクローズアップ



無信号時のプレート電圧を・・・・・・・・・  $E_{b0}$   
 無信号時スクリーン・グリッド電圧を・・・・  $E_{sg2,0}$   
 信号時に  $E_{b0}$  が  $e_b$  に下がると、 $E_{c2}' = E_{sg2,0} - M(E_{b0} - e_b)$  となり、  
 プレート電流  $I_p$  の変化は  $E_{c1} = 0$  の時  $E_{c2}$  の変化の 1.5 乗に  
 比例する。

よって  $i_b' = i_b \left( \frac{E_{c2}'}{E_{c2}} \right)^{1.5}$ ・・・・・・ (5) が成立する

$E_{b0}$ ,  $E_{sg2,0}$ ,  $M$  が判っていれば、任意のプレート電圧における  
 プレート電流を、容易に算出出来る。



6BQ5 UL の  $E_b \cdot I_b$  特性

左図の B 曲線は、同  
 図の A 曲線  
 ( $E_b, E_{c2} = 300V$ ) から (5) 式  
 によって算出した、  
 $M = 0.43$  の時の  $E_b$ ,  $I_b$   
 曲線である。

それを  $E_{c2} = 250V, E_{c1} = 210V$   
 のスクリーン特性に  
 よって補正したもの  
 が B' 曲線である。  
 試みに  $R_L = 8 \Omega$  のロ  
 ードラインを引いて  
 最大出力を算出す  
 ると、 $Q_{UL}$  がら

$e_{b \min} \approx 93V$   
 $i_{b \max} \approx 103mA$  となる。

$$P_{omax} = \frac{(E_{b0} - e_{b \max})}{2} = \frac{(300 - 93) \cdot 0.103}{2} \approx 10.7(W) \times 0.85 \approx 9.1(W)$$

上の式に当てはめると 9.1 W で実測値と合わない。

これを B' 曲線により修正したものが、この曲線と負荷線  
 の交点  $Q'_{UL}$  となり、 $e_{b \min} \approx 78V, i_{b \max} \approx 113V$  が得られ

$$\therefore P_{omax} = \frac{(300 - 78) \cdot 0.113}{2} \approx 12.8W \times 0.85 \approx 10.9W$$

となるが未だ実測値と食い違っている。

#### 〈第7図〉 UL 接続時のプレート特性

これについての資料がラジオ技術  
 発行のオーディオ用真空管マニユ  
 アル 411 頁に KT-88, 433 頁に 6550  
 の UL 時のプレート特性が掲載さ  
 れています。とくに 6550 の UL プ  
 レート特性にはタップ位置が 40%  
 と指定されています。

それにしても、6V6 の最大出力  
 は規格表に載っているビーム管接  
 続の出力 14 W という値と比べあま  
 りにもかけ離れていますので、試  
 みにビーム管接続に繋ぎ変えて最大  
 出力を測ってみたところ 10 W でク  
 リップします。どうやら自己バイア

スでは規格表通りの出力得られない  
 ものと考えます。それにしてもビ  
 ム管接続時の出力 10 W の 85% で  
 ある 8.5 W に届いていませんの  
 で、 $M$  の最適値が合わないのかも知  
 れません。

#### カソード・パスコンを取り外す ことの適否

6L6 UL-PP の追試のとき、負帰  
 還を外し、クリップ付近でカソー  
 ド・パスコンを付けたり外したりし  
 ながら、そのときの出力波形を観測  
 しているときに、波形が著しく変化

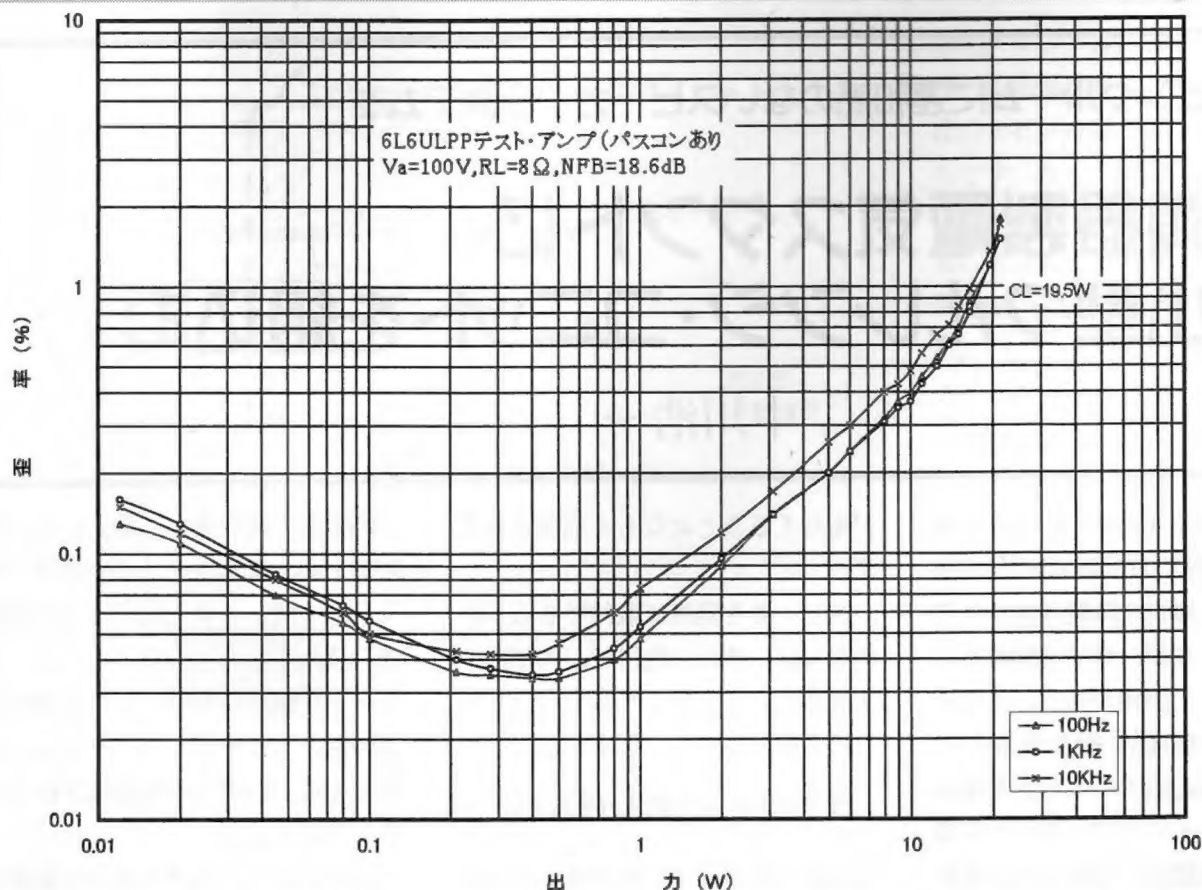
するのを見て AB 級 PP のときは  
 決してこのパスコンを外してはいけ  
 ないということをもつて体験す  
 ることになりました。

これについては前にも述べました  
 が、1957 年 2 月号 PP 回路のアンバ  
 ランスについて実験的立場から (2  
 A3 AB 級 PP) で、カソード・パスコ  
 ンを外したとき、入出力特性曲線の  
 直線部分の途中からくの字に曲がる  
 こと、ひずみ率特性曲線の 1 W を過  
 ぎるあたりから瘤状に盛り上がるこ  
 とが書かれています。

それは出力管のカソードに現れる  
 第 2 調波ひずみがパスコンがないた  
 め、行き場を失い出力管の動作を強  
 引に変化させることによって辻褄を  
 合わせるためであるという仮説がな  
 されています。その気になって、前  
 回発表した 6L6 UL-PP の入出力  
 曲線の NFB=0 dB のクリップ寸  
 前の曲線を見ますとわずかながら  
 の字に曲がっており、ひずみ率曲線  
 の 10 W を超えたあたりで盛り上  
 がっているのを発見しました。

その状態が 2A3 PP ほど酷くな  
 かったため、つい見逃してしまった  
 わけです。後から考えてみますと、  
 NFB=0 dB の時の 10 W を超えて  
 からの波形の異常さはまさにカソー  
 ドに現れた第 2 調波歪みの悪戯に依  
 る物だと知らされたつぎ第です。改  
 めてパスコンを入れ、NFB=0 dB  
 の 10 W を超えてからの波形が大  
 きく変わったのを見ても、この仮説  
 が正しいことを証明していると思  
 います。

6L6 UL-PP における、ひずみ率  
 特性でのこの現象をパスコンなしの  
 ものを第 9 図に、パスコンありの  
 ものを第 10 図に掲げますのでその違  
 いをご確認下さい。1 W 以下のひ  
 ずみ率がパスコンありでもなしでも  
 ほとんど変わっていないことにご注



〈第10図〉  
出力対ひずみ  
率特性

球の使い方の難しさを一例挙げますと、プレート電圧とスクリーン・グリッド電圧の最大定格が離れているので、アンプの設計が厄介なのです。不用意にスクリーン・グリッド回路にドロップを挿入しスクリーン電圧を下げようとしめるとレギュレーションの悪化につながり期待した出力を得ることが出来ません。

電源回路の設計に対して、よほどの覚悟でとりかからなければならぬのです。前回、例に挙げた武末先生の6L6AB級PPでは定電圧電源を採用したうえ、スクリーン・グリッド回路の電圧降下に大容量のツェナー・ダイオードを挿入することで解決されています。

それに引き替え、UL接続の場合スクリーン損失が著しく下がるのでスクリーン・グリッド電圧に対して心配せずに設計できるため、わりと簡単に必要な出力が得られることがわかりました。それに引き替え6V6は素直で使いやすい球ですが、

無理がきかないので此のような使い方は出来ません。もともと受信機の終段用に出力より効率を考えて作られたものなので、出力に多くを期待しない方がよいでしょう。6V6 UL-PPを2度も実験しましたが結果的に、出力の点ではUL接続には向かない球のように感じます。

UL接続の利点の1つはスクリーン損失が少ないので、プレート電圧を高く設定してUL接続の出力低下を補えるような球が良いのですが？

試作機は希望出力は出せなかった

ものの、今まで作ったアンプの中で、クリップ点がどこにあるのか良くわからないいわゆるソフト・ディストーションともいえるほどCL点付近の波形が美しいもので好ましく感じました。なるほど、今は亡き音派の先生方がこの球を高く評価された意味が良くわかりました。

ラインに投入して聴いて見たところ、最新の部品を使った4月号で発表した6V6 UL-MLF-PPと比べてもまったくそん色なく、ある面ではこの方が良いと感じました。

(2004年5月7日完)

●真上から見た6V6-ULアンプ

